

Rec'd PCT/PTO 26 APR 2005
10/532694

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 02 NOV 2003
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 59 947.5

Anmeldetag:

20. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber:

ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Anordnung zur Auswertung von
Signalen oder Daten eines Objektdetektionssystems

IPC:

G 01 S 13/42

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Kahle

R. 40639

Verfahren und Anordnung zur Auswertung von Signalen oder
Daten eines Objektdetektionssystems

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Auswertung von Signalen oder Daten eines Objektdetektionssystems, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Ein solches System kann beispielsweise im Rahmen einer adaptiven Fahrgeschwindigkeits- und/oder Abstandsregelung eines Kraftfahrzeugs eingesetzt werden. Diese an sich bekannte Regelung kann ohne Eingriff durch den Fahrer eine zuvor eingestellte Fahrgeschwindigkeit und/oder einen zuvor eingestellten Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug oder zu sich in Fahrtrichtung befindlichen Gegenständen und/ oder Objekten regeln. Dies geschieht unter entsprechender Berücksichtigung des Umfelds des Kraftfahrzeuges und gegebenenfalls weiterer Parameter wie bei-

spielsweise den Witterungs- und Sichtbedingungen. Eine solche Regelung wird auch als Adaptive-Cruise-Control-System (ACC-System) bezeichnet. Das ACC-System muß insbesondere mit Blick auf die steigende Verkehrsdichte der heutigen Zeit flexibel genug sein, um auf alle Fahrsituationen geeignet zu reagieren. Dies erfordert wiederum eine entsprechende Objektdetektionssensorik, um in jeder Fahrsituation die für die Regelung notwendigen Messdaten zu liefern.

Für sich gesehen sind beispielsweise Sensoren für ein ACC-System bekannt, in der Regel mit Radar- oder Lidarsensoren, die eine Reichweite von ca. 100 bis 150 m mit einem Erfassungswinkel von ca. 10° aufweisen. Desweiteren sind für sich gesehen auch kurzreichweitige Abstandssensoren für Parkhilfesysteme bekannt, die überwiegend mit Ultraschallsensoren ausgerüstet sind.

Es ist beispielsweise aus der DE 44 42 189 A1 bekannt, dass bei einem System zur Abstandsmessung im Umgebungsreich von Kraftfahrzeugen Sensoren mit Sende- und Empfangseinheiten zugleich zum Senden und Empfangen von Informationen verwendet werden. Unter Zuhilfenahme der Abstandsmessung können hier passive Schutzmaßnahmen für das Fahrzeug, beispielsweise bei einem Front-, Seiten- oder Heckaufprall aktiviert werden. Mit einem Austausch der erfassten Informationen kann zum Beispiel eine Beurteilung von Verkehrssituationen zur Aktivierung entsprechender Auslösesysteme durchgeführt werden.

Es ist darüber hinaus aus der DE 199 63 005 A1 bekannt, dass eine Abstandsmessung mit einem sogenannten Pulsradar vorgenommen werden kann, bei dem ein Trägerpuls mit einer rechteckförmigen Umhüllung einer elektromagnetischen Schwingung, z.B. im Gigahertzbereich, ausgesendet wird. Dieser Trägerpuls wird am Zielobjekt reflektiert und aus der Zeit vom Aussenden des Impulses und dem Eintreffen

der reflektierten Strahlung kann die Zielentfernung und mit Einschränkungen unter Ausnutzung des Dopplereffekts auch die Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts leicht bestimmt werden. Ein solches Messprinzip ist beispielsweise in dem Fachbuch A. Ludloff, "Handbuch Radar und Radarsignalverarbeitung", Seiten 2-21 bis 2-44, Vieweg Verlag, 1993 beschrieben.

Der prinzipielle Aufbau eines solchen bekannten Radarsensors ist so gestaltet, dass die am jeweiligen Zielobjekt reflektierten Radarpulse über Antennen in einen Empfänger gelangen und dort mit den von der Pulserzeugung bereitgestellten zeitlich verzögerten Pulsen gemischt werden. Die Ausgangssignale der Empfänger werden nach einer Tiefpassfilterung und einer Analog/Digital-Wandlung einer Auswerteeinheit zugeführt.

Es ist häufig erforderlich, dass bei den oben erwähnten unterschiedlichen Anwendungsfällen ein sogenannter Plattform-Sensor für die verschiedenen Anwendungen, wie Einparkassistent, PreCrash, ACC-Stop&Go oder TWD (Totwinkel-detektor) eingesetzt werden soll. Aufgrund der Eigenschaften der Sensorsignale ist hierzu jedoch eine gewisse Intelligenz im Sensor erforderlich, die eine optimale Auswertung des Sensorsignals im Hinblick auf die unterschiedlichen Auswertungskriterien ermöglicht. Diese Auswertung ist einerseits aus Kostengründen zu optimieren ohne andererseits den Freiraum für zukünftige Weiterentwicklungen einzuengen.

Insbesondere sollte hierbei eine Umschaltmöglichkeit von einer Abstandsmessung auf eine sogenannte Cv-Messung, d.h. die Bestimmung der Annäherungsgeschwindigkeit vor einem möglichen Zusammenstoß von Fahrzeugen (Closing Velocity (Cv) für PreCrash), möglichst einfach ablaufen können. Möglich wären hierbei sogenannte Abstandslisten, die an ein Steuergerät weitergeleitet werden können, wo-

bei jedoch die verschiedenen zuvor erwähnten Anwendungen unterschiedliche Arten von Abstandslisten benötigen. Es sind hierbei in der Regel sehr aufwändige anwendungsspezifische Algorithmen im Sensor erforderlich, durch die dann unterschiedliche Informationen an das Steuergerät weitergeben werden müssen, was zu relativ hohen Übertragungsraten an der Schnittstelle zwischen dem Sensor und dem Steuergerät führt. Hierbei ist auch darauf zu achten, dass für die Schnittstelle aus Kosten- und Schaltungsvereinfachungsgründen Komponenten eingesetzt werden sollten, die schon in anderen Bereichen im Fahrzeug auch in sicherheitskritischen Anwendungen verwendet werden.

Vorteile der Erfindung

Ein Objektdetektionssystem, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, und ein Verfahren zur Auswertung der hier anfallenden Datensignale, bei dem mit einem Radarsensor die vom Objekt reflektierten Radarsignale zur Ermittlung des Abstandes und/oder der Relativ- oder Näherungsgeschwindigkeit des Objekts verarbeitet werden, wird erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise wie folgt weitergebildet. Die digitalen Signale mindestens eines Kanals des Radarsensors werden nur soweit bearbeitet bis sich eine erste Auswertungsmöglichkeit als Abstands- oder als Näherungsgeschwindigkeitssignal ergibt. Die Signalverarbeitung erfolgt also im Radarsensor nur bis zu den Signalen, die zum ersten Mal eine einfache physikalische Interpretation zulassen.

In vorteilhafter Weise kann eine Modusumschaltung für die Auswertung als Abstands- oder als Näherungsgeschwindigkeitssignal erfolgen, mit der festgelegt wird, welche Daten ermittelt und einer Schnittstelle zwischen dem Radarsensor und einem nachgeschalteten Steuergerät zur Verfügung gestellt werden.

In an sich bekannter Weise können die digitalen Signale mindestens eines Kanals, vorzugsweise jedoch zweier Kanäle I und Q des Radarsensors nach jeder Abtastung jeweils einem Datenpuffer mit vorgegebener Fensterbreite zugeführt werden und anschließend innerhalb der Fensterbreite z.B. mittels einer Medianfilterung bearbeitet werden. Die digitalisierten Rohsignale des I- und Q-Kanals werden somit zur Berechnung des Untergrunds mittels der Medianfilterung nach jeder Abtastung einem Datenpuffer mit bestimmter Fensterbreite (z.B. 16 Worte) zugeführt. Bei einer Wortbreite von 16 Bit können hierbei einige Bits für die analog/digital-gewandelten Werte benutzt werden. Weitere Bits können auch als Hilfsgröße für den Sortieralgorithmus zur Medianberechnung, z.B. das Alter des Wertes als Zahl zwischen 0 und der Fensterbreite -1, dienen.

Im nächsten Verarbeitungsschritt erfolgt dann die zuvor erwähnte Untergrundkorrektur sowie ein unter Umständen nötiger Verstärkungsausgleich zwischen den I- und Q-Kanälen. Falls erforderlich kann der hier zugehörige Parameter auch in einem nichtflüchtigen, wiederbeschreibbaren Speicher abgelegt werden. Daran schließt sich dann die Betragsbildung aus den I- und Q-Kanälen an.

Desweiteren können die auf diese Weise errechneten Signaldaten unter relativ geringem Ressourcenaufwand vor allem zur Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses noch in einem Matching-Filter mit einem Referenzsignalverlauf bzw. Referenzpeak korreliert werden, so dass nur noch Informationen über das Korrelationsergebnis weiter übertragen werden müssen. Im Prinzip wird hierbei somit für die Abstandsmessung nur noch ein Peaksuchalgorithmus benötigt, um zu Abstandsdaten zu gelangen.

Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch, dass hier eine einfache Umschaltung auf den sog. Cv-Modus, d.h. die Ermittlung der Näherungsgeschwindigkeit

keit eines Objektes, durchgeführt werden kann und dabei die zuvor beschriebene Untergrundkorrektur und Betragsbildung entfallen kann. Die Rohsignale werden dabei kontinuierlich innerhalb eines Range-Gates aufgezeichnet. Da der entsprechende Algorithmus in diesem Auswertemodus bei jedem Abtastwert durchgerechnet wird, liegen die Daten in Echtzeit im angeschlossenen Steuergerät vor, d.h. eine Anforderung von z.B. 10ms Umschaltzeit von Abstandsmessung auf den Cv-Modus ist auch für den PreCrash-Modus erfüllbar.

Im weiteren Verlauf des erfindungsgemäßen Verfahrens kann auf einfache Weise noch eine Datenkompression erfolgen, die beispielsweise von einem externen Steuergerät beeinflusst werden kann. Zum Beispiel müssen sog. Kalibrierkoeffizienten und Messwerte aus dem Cv-Modus aufgrund der geringen Datenmengen nicht notwendigerweise komprimiert über die Schnittstelle gesendet werden.

Gemäß einer vorteilhaften Schaltungsanordnung zur Durchführung des vorher beschriebenen Verfahrens weist ein Radarsensor Speichermittel und digitale Rechenbausteine zur Durchführung und Umschaltung der erwähnten Auswertemodi auf. Im Radarsensor ist ein Schnittstellencontroller vorhanden, über den der Radarsensor mit einem nachgeschalteten Steuergerät verbindbar ist. Der Schnittstellencontroller kann dabei so aufgebaut sein, dass die Daten zur Anschaltung an ein genormtes Bussystem, zum Beispiel an den sog. CAN-Bus in einem Kraftfahrzeug, aufbereitet sind.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann ein Datenverarbeitungsprogramm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. zur Steuerung der Speichermittel und/oder der digitalen Rechenbausteine im Radarsensor so aufgebaut sein, dass die entsprechenden

Auswertemodi schnell und ressourcensparend ausgeführt werden können.

Zusammenfassend ergeben sich eine Reihe von Vorteilen in der Übertragung von untergrundkorrigierten Rohsignalen mit einer Betragsbildung für die Abstandsmessung insbesondere dadurch, dass die Daten leicht interpretierbar sind und eine Datenreduktion von zwei Kanälen (I- und Q-Kanal) auf einen Datensatz zurückgeführt werden kann. Die bisher übliche Übertragung reiner Rohsignale erfordert dagegen eine hohe Schnittstellenbandbreite und die Signale sind nur schwer interpretierbar. Es müssen somit für die verschiedenen Anwendungen keine Änderungen an der Basis-Signalverarbeitung und im Sensor vorgenommen werden, wodurch die Signalverarbeitung im Prinzip als sog. Black-Box funktioniert.

Eine weitere Komprimierung der Daten kann z.B. durch Weiterleitung differentieller Änderungen zum vorhergegangenen Messwert durchgeführt werden, wodurch eine Datenübertragung über geeignete preisgünstige, proprietäre Schnittstellen erfolgen kann. Die durch Datenkompression herabsetzbare Datenübertragungsrate ist hier kleiner als die derzeit nutzbare Schnittstellenbandbreiten proprietärer Bussysteme, z.B. CAN-Bus oder anderer geeigneter Schnittstellen.

Dies macht nicht nur die Signalverarbeitung preisgünstig sondern gestattet gleichzeitig eine Vermarktung der Radarsensoren auch ohne ein zugehöriges Steuergerät. Da Speicherbausteine in dem universell aufgebauten Steuergerät in der Regel kostengünstiger sind als im speziell aufgebauten Radarsensor ergeben sich hieraus weitere Kostenvorteile.

Der Grad der Verarbeitung der Signale bis nach der Betragsbildung und optional auch noch nach dem Matching-

Filter ist hierbei auch für zukünftige Entwicklungen sicher; da überlagerte Algorithmen der verschiedenen Anwendungen im Steuergerät unabhängig voneinander und unabhängig von einem Softwareprogramm im Radarsensor optimiert werden können; z.B. für die Erfassung langsamer und schneller Objekte.

Zeichnung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Auswertung der Daten eines Objektdetektionssystems wird anhand der Figur der Zeichnung erläutert, die ein schematisches Blockdiagramm des Verfahrensablaufs zeigt.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In der einzigen Figur ist schematisch ein Blockschaltbild gezeigt, das die Auswertung der Signale beispielsweise eines pulsmodulierten Mikrowellenradars mit einem Sender, der z.B. auf einer Frequenz von 24 GHz arbeitet und mit Empfangs- und Mischeinheiten versehen ist, zeigt. Ein solcher Radarsensor ist in der eingangs als Stand der Technik erwähnten DE 199 63 005 A1 beschrieben, wobei hier die Bereitstellung eines I- und eines Q-Kanals für die Bestimmung der Abstands- und Relativgeschwindigkeitswerte für sich gesehen beschrieben ist.

Gemäß des Blockschaltbildes in der gezeigten Figur werden die mit einer vorgegebenen Auflösung (ADC-Auflösung) digitalisierten Signale der Kanäle I und Q eines hier nicht

dargestellten Radarsensors nach jeder Abtastung jeweils einem (symbolisch in Blöcken 1 und 2 gezeigt) Datenpuffer mit vorgegebener Fensterbreite, z.B. 16 Worte ($n = \log_2(\text{Fensterbreite})$), zugeführt und anschließend innerhalb der Fensterbreite mittels einer Medianfilterung mit $m = \text{ADC-Auflösung}$ bearbeitet. Die Werte m , n bezeichnen hier die zugehörige Bitanzahl.

Im nächsten Verarbeitungsschritt erfolgt dann im Block 3 für die Kanäle I und Q gemeinsam für die Abstandsmessung eines Objekts (d-Messung) eine Untergrundkorrektur, bei der noch Signalaussschläge von einem ermittelten Untergrundsignal weiterverarbeitet werden. Soweit erforderlich kann noch ein unter Umständen nötiger Verstärkungsausgleich zwischen den I- und Q-Kanälen durchgeführt werden und daran schließt sich dann die rechnerische Betragsbildung der Signale aus den I- und Q-Kanälen an.

Im Block 3 der Figur ist außerdem noch eine Routine gezeigt, mit der die auf diese Weise errechneten Signaldaten optional in einem Matching-Filter mit einem Referenzsignalverlauf bzw. Referenzpeak korreliert werden, so dass nur noch Informationen über das Korrelationsergebnis weiter übertragen werden müssen.

Mit einem weiteren Block 4 ist eine Routine gekennzeichnet, mit der eine Umschaltung des Auswertemodus im Block 3 auf den sog. Cv-Modus, d.h. die Ermittlung der Näherungsgeschwindigkeit eines Objektes, durchgeführt werden kann. Die zuvor beschriebene Untergrundkorrektur und die Betragsbildung kann dabei entfallen, so dass die Rohsignale kontinuierlich innerhalb eines Range-Gates aufgezeichnet werden und hier im Steuergerät nur die Nulldurchgänge des Rohsignals ausgewertet werden. Da der entsprechende Algorithmus in diesem Auswertemodus bei jeden Abtastwert durchgerechnet wird, liegen die Daten dann in Echtzeit vor, d.h. die Anforderung von z.B. 10ms Um-

schaltzeit von Abstandsmessung auf den Cv-Modus ist auch für den PreCrash-Modus erfüllbar. Weiterhin können im Block 4 auch Routinen zur Bereitstellung von Kalibrierkoeffizienten und Parameter für den erwähnten Verstärkungsausgleich im Block 3 bereitgestellt werden.

In einem Block 5 ist eine Datenkompression angegeben und in einem Block 6 ist ein Schnittstellencontroller gezeigt, der seine Ausgangssignale einem externen Steuergerät 7 zur Verfügung stellt. Der Schnittstellencontroller nach dem Block 6 kann dabei so aufgebaut sein, dass die Daten zur Anschaltung an ein genormtes Bussystem, zum Beispiel an den sog. CAN-Bus in einem Kraftfahrzeug, aufbereitet sind.

Das Zuschalten der Datenkompression kann dabei beispielsweise vom externen Steuergerät 7 über den Schnittstellencontroller 6, von einem Diagnose- oder Service-Baustein 8 oder auch vom Block 4 für die Steuerung des Auswertemodus beeinflusst werden. Zum Beispiel müssen die Kalibrierkoeffizienten und die Messwerte im Cv-Modus aufgrund der geringen Datenmengen nicht notwendigerweise komprimiert gesendet werden.

Weiterhin ist noch im Block 9 eine Verzögerungs- bzw. Delay-Ansteuerung angedeutet, mit der in an sich bekannter Weise ein Trigger für den Anfangs- und Endwert bei der Übertragung der Rohsignale des Radarsensors gesteuert wird.

R. 40639

Patentansprüche

1) Verfahren zur Auswertung der Daten eines Objektdetektionssystems, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, bei dem

- mit einem Radarsensor die vom Objekt reflektierten Radarsignale zur Ermittlung des Abstandes (d) und/oder der Relativ- oder Näherungsgeschwindigkeit (Cv) des Objekts verarbeitet werden, dadurch gekennzeichnet, dass

- die digitalen Signale mindestens eines Kanals (I,Q) des Radarsensors soweit bearbeitet werden, bis sich eine erste Auswertungsmöglichkeit als Abstands- (d) oder als Näherungsgeschwindigkeitssignal (Cv) ergibt und dass
- eine Modusumschaltung (4) für die Auswertung als Abstands- (d) oder als Näherungsgeschwindigkeitssignal (Cv) erfolgt, mit der festgelegt wird, welche Daten ermittelt und einer Schnittstelle (6) zwischen dem Radarsensor und einem nachgeschalteten Steuergerät (7) zur Verfügung gestellt werden.

2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die digitalen Signale mindestens eines Kanals (I,Q) des Radarsensors nach jeder Abtastung einem Datenpuffer mit vorgegebener Fensterbreite zugeführt werden und anschließend innerhalb der Fensterbreite mittels einer Medianfilterung bearbeitet werden (1,2) und dass
- die so bearbeiteten Signale in den folgenden Auswertemodi (3,5,6) gemeinsam weiterverarbeitet werden.

3) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- innerhalb eines ersten Auswertemodus zur Abstandsmessung (d) die digitalen Signale einer Untergrundkorrektur unterzogen werden und danach eine Betragsbildung des auszuwertenden Signals vorgenommen wird (3).

4) Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die digitalen Signale mit einem Matching-Filter bearbeitet werden (3).

5) Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- innerhalb eines zweiten Auswertemodus zur Messung der Näherungsgeschwindigkeit (C_v) des Objekts die Untergrundkorrektur und die Betragsbildung übersprungen werden.

6) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- bei mehr als einem Kanal (I,Q) im Radarsensor ein Verstärkungsausgleich (3,4) bei unterschiedlichen Pegeln der Kanäle (I,Q) durchgeführt wird.

7) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die in den Auswertemodi bearbeiteten Signale einer Datenkompression unterzogen werden (5).

8) Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- im Radarsensor Speichermittel und digitale Rechenbausteine zur Durchführung und Umschaltung der Auswertemodi vorhanden sind und dass
- im Radarsensor ein Schnittstellencontroller (6) vorhanden ist, durch den der Radarsensor mit einem nachgeschalteten Steuergerät (7) verbindbar ist.

9) Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Schnittstellencontroller (6) so aufgebaut ist, dass die Daten zur Anschaltung an ein genormtes Bussystem (CAN-Bus) aufbereitet sind.

10) Datenverarbeitungsprogramm zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und/oder zur Steuerung der Speichermittel und/oder der digitalen Rechenbausteine nach einem der Ansprüche 8 oder 9.

R. 40639

Zusammenfassung

Es wird ein Objektdetektionssystem, insbesondere für ein Kraftfahrzeug vorgeschlagen, bei dem mit einem Radarsensor die vom Objekt reflektierten Radarsignale zur Ermittlung des Abstandes (d) und/oder der Relativ- oder Näherungsgeschwindigkeit (C_v) des Objekts verarbeitet werden. Die digitalen Signale mindestens eines Kanals (I, Q) des Radarsensors werden soweit bearbeitet, bis sich eine erste Auswertungsmöglichkeit als Abstands- (d) oder als Näherungsgeschwindigkeitssignal (C_v) ergibt und es erfolgt eine Modusumschaltung (4) für die Auswertung als Abstands- (d) oder als Näherungsgeschwindigkeitssignal (C_v), mit der festgelegt wird, welche Daten ermittelt und einer Schnittstelle (6) zwischen dem Radarsensor und einem nachgeschalteten Steuergerät (7) zur Verfügung gestellt werden.

(Figur)

1/1

